

الباب السابع

تأثير الإجهاد الملحي على نمو ومحصول حاصلات الحقل

لقد أطلق Shannon (1997a) سؤاله الشهير (إذا كانت الحياة قد نشأت في البحار وأن جميع البحار القديمة مالحة، فكيف إذن أن نباتات المحاصيل حساسة بدرجة أو أخرى للملوحة؟ ذكراً أنه عبر الكثير من السنوات ومن خلال الانتخاب الطبيعي فسي النباتات الأرضية غير الملحية فقد أصبحت أغلب الأصول غير متحملة للملوحة). وقد ساعد على ذلك أساساً إنشاء المصارف التي أدت إلى نقص أملاح التربة وغسيل قطاع التربة بكميات كافية من الماء الجيد وأدى إلى التكلفة العالية من الناحية العملية، إلا أنه أصبح من الممكن زراعة محاصيل تتميز ببعض التحمل للملوحة.

ملوحة الأرض

إن ملوحة الأرض عبارة عن زيادة تركيز الذائبات الكلية بالأرض والماء. ويمكن القول أن الملوحة تنقسم إلى قسمين الملوحة الأولية والملوحة الثانوية ويطلق على الملوحة الأولية أنها الناتجة عن ارتفاع ملوحة الموارد الأرضية والماء الناجمة عن العمليات الطبيعية والكيميائية على حين يطلق على الملوحة الثانوية الملوحة الناتجة عن النشاط الإنساني. وتتكون في الحالة الأولى بتأثير العمليات الطبيعية المستمرة لفترة تمتد لزمان طويل من جراء التراكم التدريجي للأملاح بالمنطقة الناجم عن الأحوال الجوية أو لغمر الأرض بمياه البحر أما الملوحة في الثانية فتكون نتيجة للإدارة الرديئة نتيجة لإسراف الإنسان في عملية الري. حيث يؤدي إلى رفع مستوى الماء الأرضي وزيادة حركة الماء إلى أعلى لتقترب من سطح الأرض مما يعرضها لعملية التبخر التي تؤدي إلى تركز الأملاح في منطقة نمو الحذور.

وتتميز الأراضي الملحية بزيادة تركيز الأملاح حيث تكون القدرة على التوصيل الكهربى للمستخلص المركز أكبر من ٤ ملليموه /سم فى درجة حرارة ٢٥ م° والنسبة المتوية للصوديوم المتبادل أقل من ١٥% ورقم الحموضة أقل من ٨,٥، بينما تتميز الأراضي القلوية بنقص القدرة على التوصيل الكهربى للمستخلص المركز عن ٤ ملليموه /سم فى درجة حرارة ٢٥ م° وارتفاع نسبة الصوديوم المتبادل عن ١٥% وارتفاع القلوية حيث يتراوح رقم الحموضة بين ٨,٥-١٠.

العوامل المؤدية إلى ملوحة الأرض:

تتميز الأراضي بالمناطق الجافة وشبه الجافة والتي تتميز بارتفاع درجات الحرارة ونقص معدل الأمطار السنوية مثل المنطقة العربية (منطقة العطش) بارتفاع نسبة الأملاح الذاتية بالمحلول الأرضى. وتتراكم الأملاح بالمناطق الجافة لعدم تحركها إلى باطن الأرض لعدم نوافر الأمطار مع تخزين الماء وترسيب الأملاح على السطح.

كما تتراكم الأملاح بالأرض عند الري بمياه تحتوى على نسبة مرتفعة من الأملاح مثل مياه المصارف والآبار الارتوازية التي ترتفع بها نسبة الأملاح، وقد تتراكم الأملاح بالأرض حين الري بمياه صالحة للري مع عدم الاعتناء بالمصارف. وينبغى فى هذه الحالة التخلص من أكبر قدر من الأملاح باتباع طريقة الري وطريقة الصرف المناسبين.

تتراكم الأملاح بالأرض تحت ظروف الإدارة المزرعية غير السليمة مما ينتج عنه تكوين أراضي ملحية وأراضي قلوية.

ويتميز مناخ مصر بسيادة ظاهرة الجفاف حيث تمثل الصحراء ٩٦% من المساحة الكلية ويستثنى من ذلك وادى النيل والبلتا وقليل من الواحات. وتساقط الأمطار بمعدلات قليلة من شهر أكتوبر إلى شهر مايو وتعالى مصر من الجفاف فى أشهر الصيف من شهر يونيو إلى شهر سبتمبر وتتميز المناطق الواقعة على شواطئ البحر الأبيض المتوسط بأنها أكثر المناطق رطوبة حيث تساقط الأمطار بمعدل ١٩١ مم/سنة بالإسكندرية (FAO. 1984) ويتناقص هذا المعدل بالاتجاه إلى جنوب البلاد

حيث تستقبل الحيزة ١٩ مم/سنة من الأمطار في الفترة الممتدة من نوفمبر إلى مارس ليصل عدد الأيام التي تتساقط فيها الأمطار إلى ٥ أيام في السنة أما أسوان فتستقبل أمطار بمعدل ١ مم/سنة وتتساقط مرة إلى مرتين أو ثلاثة فقط في العديد من المناطق الصحراوية. هذا بالإضافة للارتفاع الشديد في درجة الحرارة التي تصل في فصل الصيف إلى متوسط يتراوح ما بين ٣٨-٤٣ °م بالقاهرة وتكون أكثر اعتدالا بشواطئ البحر الأبيض المتوسط لتبلغ متوسط ٣٢ °م في حدها الأقصى. وتتراوح درجة حرارة الشتاء في المتوسط ما بين ١٣-٢١ °م وقد تنخفض عن ذلك أحيانا. ونظرا للمساحات الكبيرة من الصحراء والرياح الحارة الجافة المحملة بالأتربة والرمال التي تتركز في فصل الربيع مما يؤثر تأثيرا ضارا على المحاصيل، فقد ترتفع درجة الحرارة بمعدل ٢٠ °م في ساعاتين وتصل سرعة الرياح إلى ١٥٠ كم/ساعة (Fisher, 1985)، لذلك يرتفع معدل النتح بخر المقارن بمصر و الذي قد يصل إلى ١٤٠٠ مم بمناطق ساحل البحر الأبيض المتوسط بينما يصل إلى ٢١٢٠ مم بأسوان (FAO, 1984) و يصل في تونسكا إلى ٢٨٢٠ مم.

علاقة الصرف بملوحة الأرض:

يتضح مما سبق أن هذه العوامل تؤدي إلى إيجاد العديد من الأراضي الملحية والقلوية بمصر وبعتبر ذلك من أكبر المشاكل التي تعاني منها الزراعة المصرية. ورغم أن نظام الري الحوضي قد حمى الأرض الزراعية من هذه المشاكل منذ آلاف السنين إلا أن التحول إلى الري المستديم بعد إنشاء المد العالي أدى إلى ارتفاع تدريجي لمستوى الماء الأرضي وتراكم الأملاح لعدم مواكبة ذلك لصرف جيد (Abu-zaid, 1989) إن عدم كفاية الصرف منذ عام ١٩٣٨ أوجد مشكلة كبيرة وأصبحت الحاجة ملحة وعاجلة للاهتمام بالصرف حيث أدى أيضا التوسع الأقصى بالأراضي الرملية أو الخفيفة والتي تقع أغلبها على حواف وادي النيل والتي تتميز بارتفاع منسوبها وانسياب الماء من نظم الري الحديثة المستخدمة، والتكثيف الزراعي بزراعة الأرض مرتين في العام وكذلك في التوسع في زراعة الأرز وقصب السكر ذات المقننات المائية المرتفعة إلى ارتفاع منسوب المياه الجوفية بأراضي الدلتا والوادي.

انتشار الأراضي الملحية بمصر:

قدر (El-Gabaly 1977) مساحات الأراضي المتأثرة بالملوحة وسوء الصرف الذي عادة ما تختلف من منطقة إلى أخرى بحوالي ٣٣% أو ٠.٨ مليون هكتار (حوالي ٢ مليون فدان) يبلغ الفقد في إنتاجها ٣٠% من كفاءتها الكلية وأضاف (Abn-zeid (1983 أن المساحة المتأثرة بالملوحة وارتفاع مستوى الماء الأرضي زادت إلى حد خطير أثناء السبعينات من القرن العشرين وذكر (Kishk 1986) أن معظم المساحات المروية بمصر (٢.٤ مليون هكتار أي ما يعادل ٥.٧١٤ مليون فدان) قد تأثرت قدرتها الإنتاجية بالملوحة كما ذكر (Abu-Zeid and Abdel-Dayem (1991 أن مساحة مقدارها ٠.٨٨ مليون هكتار (٢.٠٩ مليون فدان) أو حوالي ٣٣% من ٢.٩٦ مليون هكتار (٧.٠٤ مليون فدان) قد تأثرت بالأعلاج، وعموماً تتوزع الملوحة بدلتا نهر النيل كالآتي:

١ أراضي جنوب الدلتا لا تعاني عموماً من الملوحة وتختلف ملوحتها من ١٠٠٠-٢٠٠٠ $dSc\ m^{-1}$.

٢- أراضي واقعة بين خط كننور ٣-٧ فوق مستوى سطح البحر وتتراوح ملوحتها من ٢٠٠٠-٣٠٠٠ $dSc\ m^{-1}$ وتتبعثر بها بقع مختلفة المساحات ذات درجات متباينة من الملوحة وعلى الأخص بالقرب من مجارى الري الواقعة بجوار المناطق التي لا يوجد بها مصارف أو ذات صرف منخفض الكفاءة.

٣- أراضي بالمناطق الممتدة من الشرق إلى الغرب محاذية لساحل البحر وحتى كننور ٣ فوق مستوى سطح البحر، وهي أكثر المناطق تأثراً بالملوحة ويرجع تراكم الأملاح بها إلى طغيان مياه البحر والبحيرات الشمالية ومد وجزر البحر وفيها يكون مستوى الماء الأرضي قريباً من سطح الأرض بالإضافة إلى ضعف كفاءة المصارف الموجودة بها.

وتنتشر الأراضي الملحية بالمناطق المجاورة لبحيرات أدكو والمنزلة ومريوط وبعض مناطق محافظة القليوبية كالمرج وبعض أراضي محافظة المنوفية ومنطقة البرنوجي بمحافظة البحيرة ومنطقة المحاميد بالوجة القلي.

ولما كان مقدار تركيز الأملاح بمياه النيل يتراوح ما بين ١٣٠ إلى نحو ٢٢٥ جزء في المليون، ولما كان الماء المضاف للفدان يبلغ نحو ٧٠٠٠-١٠٠٠٠ م^٣ سنوياً لهذا يتراوح مقدار الأملاح المضافة للفدان بين طن إلى ٢ طن سنوياً.

إن الأراضي القلوية أقل انتشاراً في مصر من الأراضي الملحية، وأهم مناطق انتشارها بمصر هي منطقة النل الكبير وحوش عيسى ووادي النطرون.

علاقة النباتات بالملوحة:

تتكيف النباتات النامية في المناطق المالحة على شواطئ البحار والبحيرات بوسائل تعيشها على المعيشة في ظروف ارتفاع الملوحة بوسط النمو. وتختلف النباتات المالحة عن غيرها إذ أن فسيولوجيا النباتات المالحة قد تتكيف بما يتمشى والمعيشة تحت ظروف الملوحة المرتفعة. ويختلف الباحثون فيما بينهم في المقياس الذي يتخذونه للتدليل على التحمل للملوحة، وفي الحقيقة ليس هناك حد فاصل قاطع بين النباتات الملحية والنباتات غير الملحية ويذهب البعض إلى أن النباتات الملحية هي النباتات القادرة على المحافظة على حياتها في الظروف الملحية دون النظر إلى حالة النمو، ويفيد هذا التعريف المشتغلين بعلوم بيئة النبات، ويرى البعض اعتبار النسبة بين إنتاجية النبات في الأراضي الملحية إلى إنتاجيته في الأراضي غير الملحية خير دليل على التحمل للملوحة، ويفيد هذا التعريف المشتغلون في إنتاج المحاصيل. ويرى (Maas 1990) أن تحمل النباتات للملوحة يعنى قدرتها على تحمل التأثيرات الزائدة من الأملاح بوسط نمو الجذور، وأن القيمة المعبرة على ذلك ليست محددة حيث تعتمد على الكثير من العوامل والظروف والمحددات التي تشمل العوامل البيئية (خصوبة الأرض، الخواص الطبيعية للأرض، توزيع الأملاح بقطاع الأرض، نظم الري والمناخ) وعوامل بيولوجية (مرحلة نمو النبات، الأصناف والمجموع الجذري).

يمكن التعبير عن ملوحة الماء بكمية الأملاح بالجرام الموجودة في لتر من الماء ويعبر عنها أيضاً بتركيز الأملاح أي جم /لتر أو ملليجرام /لتر (جزء في المليون) وتقاس ملوحة الماء أو الأرض بدرجة التوصيل الكهربى (ملليموز/ سم أو ميكروموز/ سم). ويعبر أيضاً عن مستوى الملوحة بمصطلح درجة التوصيل الكهربى لمستخلص

مشيع لعجينة التربة بوحدات تكافئة المليموه/سم في القيمة وهي ديسي سيمنز/م dS m^{-1} = EC units dei Siemens/meter ، وتوضح المعادلة التالية العلاقة بين تركيز كلوريد الصوديوم بالمول/م³ ($M = mol\ m^{-3}$) بوحدات من درجة التوصيل الكهربى $dS\ m^{-1}$.

$$\text{Log } 10M = 91 + 1.7 \times \text{Log } 10\ EC$$

وعند استخدام درجة التوصيل الكهربى كمؤشر للملوحة يفترض بداية بأن التأثير يكون لاستجابة النبات لتركيزات الأملاح الكلية وليس لتركيزات أو نسب الأملاح المفردة (Rondes et al, 1992).

والمعادلة التالية توضح علاقة تقريبية بين درجة التوصيل الكهربى والتركيز الكلى للأملاح:

$$1\ dS\ m^{-1} = 10\ M\ salts = 10\ mol\ l^{-1}\ salts = 700\ mg\ l^{-1}\ salts$$

ولكن ينبغي القول بأنه في حالة جفاف التربة فإن محلولها يصبح أكثر تركيزاً وبالتالي تزداد درجة التوصيل الكهربى للمحلول.

أقلية المحاصيل للملوحة:

إنه من الأمور الأولية الهامة عند التخطيط لزراعة الأراضي مرتفعة الملوحة أن يتم اختيار أنواع المحاصيل التى تتميز بقدر معقول من تحمل الملوحة حتى تكون زراعتها مربحة. ولقد أجمعت الدراسات على أن بيانات التجارب التى تم فيها استخدام تركيز ٢: ١ مولر من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم (Maas, 1986) تمكنت من التعبير بين أنواع المحاصيل التى تتحمل الملوحة بحساب المحصول النسبى للناسى تحت الظروف الملحية منسوبا إلى المحصول الناسى تحت ظروف غير ملحية. وتختلف الأنواع المحصولية والأصناف اختلافا جوهريا في تحملها للملوحة عند القياس بالمحصول النسبى، حيث وجدت نور الدين وآخرون (Noureldin et al, 1994) في دراسة على استجابة محصول صنفين من الشلجم (الراب) ومكوناته زرعت بمنطقة طامبه بمحافظة الفيوم (التي تتميز أرضها بارتفاع تركيز الأملاح) تحت ثلاث

مستويات من ملوحة الأرض - منخفضة، متوسطة، مرتفعة ذات توصيل كهربى ٧,٧٦، ١٠,١٧، ٢٢,٤ ملليموز/سم فى ٢٥م° على الترتيب. تفوق صنف ليراسيا فى تحمل الملوحة عن الصنف كريسور. كذلك فقد أجريت دراسة بمحطة بحوث الصحراء برأس سدر بمحافظة جنوب سيناء على تأثير شغل أربع أصناف من القمح (سخا ٨، حميزة ٣، سندس ٤، سندس ٧) بواسطة نور الدين وآخرون (Noureldin et al. 2000) والتي رويت فى الممثل بتركيزات من الملوحة تراوحت ما بين ٢٠٠٠ - ١٢٠٠٠ جزء فى المليون ثم الحصول عليها بتخفيف مياه البحر بالإضافة إلى معاملة المقارنة باستخدام مياه الصنبور. أوضحت النتائج أن ارتفاع بادات جميع الأصناف تأثر بزيادة تركيز الأملاح حتى ٦ آلاف جزء فى المليون إلا أن الخلف لم يكن معنوياً عكس التعرض للزيادة فى التركيز من ٦-١٢ ألف جزء فى المليون حيث انخفضت ارتفاعاتها معنوياً وبمثل هذه البادات بالحقل المستديم ازدادت كمية المحصول بزيادة التركيز حتى ٢٠٠٠ جزء فى المليون.

ونظراً لتغير تركيز الأملاح بتغير محتوى الماء الأرضى لذلك يعبر عن الملوحة بدرجة التوصيل الكهربى للمحلول المائى للأرض بعد إضافة كمية من الماء النقى إلى أن تصل الأرض إلى درجة التشبع. وتحت ظروف الإدارة المزرعية الجيدة يعطى النبات محصولاً مرتفع. وعند تشبع الأرض بالرطوبة (كما سبق القول) تكون درجة التوصيل الكهربى معنلة لنقطة البداية ($EC_{e, threshold}$) بمنطقة الجذور وبزيادة ملوحة الأرض عن نقطة بداية درجة التوصيل الكهربى يواكب ذلك نقص فى المحصول تبعاً لمعادلة من الدرجة الأولى محسوباً كنسبة مئوية للنقص فى المحصول بزيادة درجة التوصيل الكهربى بمقدار وحدة واحدة محسوبة بالنسبة سيمنز م^{-١} (dSm^{-1})، وفيما يلي المعادلة الخاصة بذلك:

$$\frac{Y_e}{Y_m} = 1 - (EC_e - EC_{e, threshold}) \frac{b}{100}$$

where:

Y_e : actual crop yield

Y_m : maximum expected crop yield when $EC_e < EC_{e, threshold}$

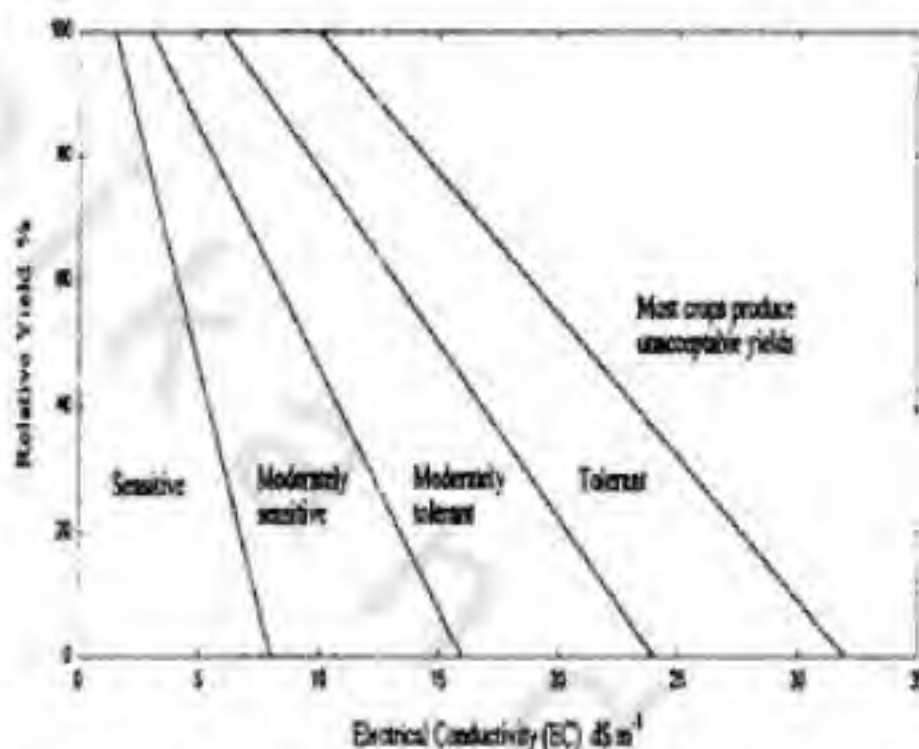
EC_e : mean electrical conductivity of the saturation extract for the root zone [$dS m^{-1}$]

$EC_{e, threshold}$: electrical conductivity of the saturation extract at the threshold of EC_e when crop yield first reduces below Y_m [$dS m^{-1}$]

b: reduction in yield per increase in EC_e [$\%/(dS m^{-1})$]

Values for EC_e threshold and b have been provided in the FAO (1977).
Irrigation and Drainage Paper No 24, 29 and 48.

يوضح الشكل التالي (٧-١) تقسيم المحاصيل إلى خمسة مجاميع تبعاً للاستجابة النسبية لكمية المحصول لملوحة درجة التوصيل الكهربى لمستخلص من عجينة مشبعة بالماء النقي من الأرض.



شكل (٧-١): الاستجابة النسبية لكمية المحصول لملوحة درجة التوصيل الكهربى لمستخلص من عجينة مشبعة بالماء النقي من الأرض (Munns, 1986)

وبناء على ذلك يمكن تصنيف المحاصيل إلى محاصيل حساسة للملوحة، متوسطة الحساسية، متوسطة التحمل، متحملة، محاصيل معظمها غير منتج. وحيث أنه من الملاحظ أن هذه البيانات يمكن الحصول عليها من القليل من الأصناف لذلك فإن المدى الذى يمثل متوسط تحمل الأنواع للملوحة غير معروف. لذلك يستخدم الحدار الخط البيئى وبيانات الحد الأقصى للملوحة لحساب درجة التوصيل الكهربى التى عندها يحدث نقص فى ٥٠% من المحصول وبذلك أمكن معرفة المحاصيل التى تتحمل للملوحة ومنها الشعير، القطن، القرطم، بنجر السكر، حشيشة السودان، الكانولا، الأسبرجس ونخيل البلح.

جدول (٧-١): درجة تحمل الأنواع المختلفة من المحاصيل للملوحة.

Crop Species Differences in Salt Tolerance

Crop species	Slope, % per dS m ⁻¹	Electrical conductivity of soil extract, dS m ⁻¹			Salt tolerance rating ¹
		Threshold	50% yield	50% emergence	
Cereals					
Barley	5.0	8.0	18	16–24	Tolerant
Wheat	7.1	6.0	13	14–16	Moderately tolerant
Sorghum	16.0	6.8	9.9	13	Moderately tolerant
Rice	12.0	3.0	7.2	18	Moderately sensitive
Millet	12.0	1.7	5.9	21–24	Moderately sensitive
Grain legumes					
Cowpea	12.0	4.9	9.1	16	Moderately tolerant
Soybean	20.0	5.0	7.5	NA ²	Moderately sensitive
Fava bean	9.6	1.6	6.8	NA	Moderately sensitive
Peanut	29.0	3.2	4.9	NA	Sensitive
Cowpea bean	19.0	1.0	3.6	8.0	Sensitive
Industrial and forage crops					
Wheatgrass, tall	4.2	2.5	19	NA	Tolerant
Cotton	5.2	7.7	17	15	Tolerant
Safflower	6.0	7.5	16	12	Tolerant
Sugar beet	5.9	7.0	15	6–12	Tolerant
Barnyard grass	6.4	6.9	15	NA	Tolerant
Sunflower	5.0	4.8	15	NA	Tolerant
Sudan grass	4.5	2.8	14	NA	Tolerant
Catola	11.2	10.0	14	NA	Tolerant
Sugar cane	5.9	1.7	10	NA	Moderately tolerant
Athalia	7.3	2.0	8.8	8–15	Moderately sensitive
Flax	12.0	1.7	5.9	NA	Moderately sensitive
Clover	12.0	1.5	5.2	NA	Moderately sensitive
Vegetable crops					
Asparagus	2.0	4.1	29	NA	Tolerant
Red beet	9.0	4.0	10	14	Moderately tolerant
Zucchini	9.4	4.7	10	NA	Moderately tolerant
Artichoke	11.5	6.4	10	NA	Moderately tolerant
Celery	6.2	1.8	9.9	NA	Moderately tolerant
Spinach	7.6	2.0	8.6	NA	Moderately sensitive
Broccoli	9.2	2.8	8.2	NA	Moderately sensitive
Tomato	9.9	2.5	7.6	7.6	Moderately sensitive
Cabbage	9.7	1.8	7.0	13	Moderately sensitive
Turnip	9.0	0.9	6.5	NA	Moderately sensitive
Squash, cooling	16.0	3.2	6.3	NA	Moderately sensitive

تابع جدول (٧-١):

Crop Species Differences in Salt Tolerance (continued)					
Cucumber	11.0	2.5	6.3	NA	Moderately sensitive
Sweet potato	11.0	1.5	6.0	NA	Moderately sensitive
Irish potato	12.0	1.7	5.9	NA	Moderately sensitive
Melon	14.3	2.0	5.5	NA	Moderately sensitive
Lettuce	15.0	1.3	5.1	NA	Moderately sensitive
Pepper	14.0	1.5	5.1	NA	Moderately sensitive
Radish	18.0	1.2	5.0	NA	Moderately sensitive
Corn	14.0	1.0	4.6	NA	Sensitive
Onion	16.0	1.2	4.3	5.6-7.5	Sensitive
Strawberry	35.0	1.0	2.5	NA	Sensitive
Tree, vine, and cane crops					
Date palm	3.6	1.0	18	NA	Tolerant
Olive	NA	NA	NA	NA	Moderately tolerant
Grape	9.6	1.5	6.7	NA	Moderately sensitive
Grapefruit	16	1.8	4.9	NA	Sensitive
Orange	16	1.7	4.8	NA	Sensitive
Pineapple	18	1.5	4.1	NA	Sensitive
Almond	19	1.5	4.1	NA	Sensitive
Peach	21	1.7	4.1	NA	Sensitive
Blackberry	23	1.5*	3.8	NA	Sensitive
Boysenberry	22	1.5	3.8	NA	Sensitive
Apicot	24	1.6	3.7	NA	Sensitive

NA* for 50% yield ≥ 14 for tolerant, < 14 and ≥ 9 for moderately tolerant, < 9 and ≥ 5 for moderately sensitive and < 5 for sensitive

NA = not available

Source: Maas, 1986; Shannon, 1974.

وتشير بيانات درجة التوصيل الكهربى التى يتم عندها إنبات ٥٠% من البذور إلى أن محاصيل كثيرة موانمة للملوحة فى هذه المرحلة عدا بنجر السكر. ويعتبر ذلك هام من الناحية العملية حيث أن عملية التبخير تعمل على تركيز الأملاح بالطبقة السطحية من الأرض وهى منطقة إنبات البذور، وعليه يصبح تركيز الأملاح مرتفعاً بمرحلة الإنبات والانبثاق عنه بالمراحل المتقدمة من عمر النبات حيث أن توالى عملية الرى يودى إلى تحريك الأملاح إلى الطبقات السفلى من الأرض.

وتتقزم معظم أنواع المحاصيل عند تعرضها للملوحة أثناء النمو الخضرى لذلك قد يلجأ المزارعون تحت مثل هذه الظروف إلى زراعة المحاصيل على مسافات متقاربة مما يحد جزئياً من التأثير الضار للملوحة.

وتعتبر محاصيل القمح والذرة الرفيعة واللوبياء أكثر مواتمة للملوحة بمرحلة ما بعد الإزهار مقارنة بمرحلة النمو الخضري مما يجعل من الممكن استخدام الماء الأكثر ملوحة بمراحل النمو المتقدمة حيث وجدت نور الدين وآخرون (2000) إمكانية شتل القمح الذي نعى تحت ظروف ملحية إلى المكان المستديم الذي يروى بمياه يبلغ تركيزها 2000 جزء بالمليون.

في حالة حساب تأثير الأملاح محسوباً على أساس جم/لتر يمكن تقسيم المحاصيل تبعاً لتحملها للملوحة إلى محاصيل حساسة (2,5 جم/لتر) ومتوسطة المقاومة (حتى 5 جم/لتر) وعالية المقاومة (10 جم/لتر) كما هو موضح في جدول (٧-٢)

جدول (٧-٢): تأثير ملوحة الأرض على حساسية بعض المحاصيل

Highly tolerant	Moderately tolerant	Sensitive
Date palm- Barley- Sugar beet- Cotton- Asparagus- Spinach	Wheat- Tomato- Onions- Alfalfa- Rice- Maize- Flax- Potatoes- Carrot- Onion- Cucumber- Pomegranate- Fig- Olive- Grape	Red clover- Peas- Beans- Sugarcane- Pear- Apple- Orange- Plum- Plum- Almond- Apricot- Peach

مكونات الجهد المائي وضبط الأسموزية

توجد علاقة وطيدة بين مكونات الجهد المائي الكلى وظاهرة تنظيم الأسموزية، فكما سبق القول توجد عدة عوامل تؤثر على الجهد الكلى وأنظمة النبات ويوضح النموذج التالي التأثيرات المستقلة لمكونات الجهد الكلى:

الجهد الكلى = جهد المحاليل + الجهد المهادي + جهد الضغط

- جهد المحاليل (Ψ_س) ويتضمن الذائبات التي تقلل الطاقة الحرة للماء وعادة ما يكون التأثير سالباً حيث تقلل صلاحية الماء للاستفادة بواسطة النبات، هذا التأثير يعتمد على أعداد وليست أنواع جزيئات الذائبات أو الأيونات وتوضح المعادلة التالية هذه العلاقة بطريقة حسابية تقريبية:

جهد المحاليل = (-) ثابت رقم الغاز x درجة الحرارة المطلقة x الذائب / الحجم الكلى للمحلول

وهذه المعادلة مفيدة في دراسة العلاقات المائية بالخلايا حيث يمكن التنبؤ في حالة تعرض النبات للإجهاد الجفافى حيث يكون التغيير النسبى للجهد الأسموزى عكسيا مع التغيير فى الحجم الأسموزى للخلية (الحجم داخل الأغشية البلازمية والذي يعرف باسم السيمبلاست Simplast) كما هو موضح بالمعادلة التالية:

$$\text{جهد المحاليل (النهائى) / جهد محاليل (البداية)} = \frac{\text{الحجم الأسموزى (للبنية)}}{\text{الحجم الأسموزى (للنهاية)}}$$

- الجهد المهادى (Ψ_m) وهو المسئول عن خفض الطاقة الحرة للماء بواسطة القوى الموجودة بين الماء والمواد الصلبة مثل الأرض وجدر الخلايا.

- جهد الضغط (Ψ_p) وهو الامتداد الذى يمكن للطاقة الحرة أن تصل بواسطته (مثل انتفاخ الخلايا الحية) وأن ينقص بالتوتر الذى يحدث لسريان الماء فى قصيبات (lumen) عناصر الخشب.

تؤثر العلاقات المائية بشدة على الخلايا الحية عن طريق عملية تنظيم الأسموزية (تراكم الأملاح) ولقد أوضحت المعادلة التالية نمو الخلايا أو الأنسجة النباتية لوحدة الحجم أو الطول أو المساحة:

$$n \text{ strands} = \frac{dT/dA \text{ or } dT/dL \text{ or } dT/dV}{\Psi_p - \Psi_K} \times$$

حيث أن:

K : القابلية للتمدد

Ψ_p : بداية جهد الضغط

وكلاهما يعتمد على البناء وعمليات التمثيل وارتخاء الجدر الخلوية وبالتالي درجة الحرارة. وفى حالة الخلايا النامية النشطة فإن جهد الضغط يساوى ٨ بار وبذلك ينبغي أن يكون جهد المحلول أكثر سالبية من (-) ٨ داخل الخلية. ويكون هذا الانخفاض راجعا لاستمرار تجمع الذائبات (تغيير الأسموزية) إما بامتصاص الأيونات غير العضوية مثل البوتاسيوم والكلوريد أو بتمثيل الجزيئات الصغيرة العضوية مثل السكريات، الأحماض العضوية أو الأحماض الأمينية.

وليس بالضروري عند نقص النمو لتعرض المحصول لإجهاد الجفاف أو لأي ظرف آخر أن يكون سبب ذلك نقص جهد الضغط حيث أثبتت الدراسات أنه في حالات كثيرة تتغير مدخلات المعادلة وفي حالات قليلة يتغير جهد الضغط حتى لو نقص معدل النمو.

وعند تعرض الكثير من أنواع المحاصيل لفترة طويلة من الجفاف فقد تعمل الخلايا على تجميع الذائبات ويصبح قياس محتوى الماء النسبي RWC مقيدا لمعرفة مقدار ضبط الأسموزية حيث:-

$$RWC = 100 \times FW - DW / TW - DW$$

FW: الوزن الغض للنسيج

TW: الوزن في حالة الانتفاخ بعد وصوله للإتزان يعمره في الماء النقي.

DW: الوزن الجاف بعد وضعه بالفرن لإزالة محتواه من الرطوبة.

يحدث ضبط الأسموزية بالقجوة العصارية (التي هي الجزء الرئيسي من السيمبلاست) حيث تتجمع الأيونات غير العضوية مثل البوتاسيوم والأحماض العضوية والسكريات البسيطة. إن عملية تغيير الأسموزية في البروتوبلازم تتضمن تراكم الذائبات المتوافقة مع الحفاظ على بناء ووظائف الجزيئات الكبيرة macromolecules. هذه الذائبات المتوافقة تتضمن البرولين، جليسين بيتان glycinebetaine، مانيتول وسوربيتول. تتميز هذه الذائبات بأنها مركبات عالية الذوبان لا تحمل شحنات للرقم الفسيولوجي للحموضة، غير سامة في تركيزاتها العالية بالإضافة إلى انخفاض جهد الذائبات وتعمل على ثبات البروتينات والأغشية وبذلك تعمل على ضبط الأسموزية في جميع الخلايا النامية وغير النامية كالغور حيث تدفع الجدار الخلوي للخارج لتحافظ ميكانيكيا على ضغط الانتفاخ كقوة ضرورية، كما تفعل ذلك لبعض الأنواع النباتية حينما تتعرض لفترة طويلة من الإجهاد الجاف أو المالح.

تحدث الملوحة أضرار للمحاصيل من خلال عدة آليات تتضمن الآتي:

١. التأثير الأسموزي الذي يخفض الجهد المائي مما يؤدي إلى تقليل صلاحية الماء للاستفادة بواسطة المحصول الذي يؤثر على عملية النتح -بخر مما يؤدي إلى التأثير على النمو.

٢. التأثير السام المباشر لكل من كاتيونات الصوديوم وأنيونات الكلوريد والتأثير غير المباشر والذي يتسبب في إنقاص امتصاص المغذيات مما يؤثر على النمو واستطالة وحجم وانقسام الأوراق متوقفا أيضا على طريقة الري.

كذلك فإن بعض المحاصيل تكون لها القدرة على تحويل أيونات الأملاح المرتفعة التركيز الممتصة من الأرض إلى مواد أسموزية عضوية كما سبق القول تستهلك قدرا كبيرا من الطاقة المستخدمة في عمليات البناء مما يخفض من النمو وبالتالي يقلص من حجم الغطاء النباتي وإنقاص عملية النتح بحر وقد يؤدي ذلك إلى غلق جزئي للشعور.

٣. التنافس بين الأملاح ومغذيات المحصول مثل التنافس بين كاتيونات الصوديوم والبوتاسيوم وكذلك الكالسيوم والتنافس بين أيونات الكلوريد وأنيونات النترات.

ويعتبر التأثير على صلاحية الماء للاستفادة بواسطة المحصول أخطر هذه الآليات. ويسبب تراكم الكلور والصوديوم أضرارا للأوراق بالأشجار الخشبية، ويمكن حدوث الضرر لأنواع العنبية بامتصاص كاتيونات الصوديوم ولقد أوضح Shannon (b) (1997) أهمية الحين الذي اكتشفه بالقمح الذي يمكن الجذر من تفضيل امتصاص البوتاسيوم على الصوديوم. وفي دراسة عن تأثير المعاملة بالبرولين على أحقة البدة الشامية المنزرعة تحت ظروف الإجهاد الملحي ذكر (Demir and Kocacaliskan 2008) أن المعاملة بكلوريد الصوديوم أدت إلى نقص نمو البادرات والوزن الغض ومحتوى الكلوروفيل بينما ازداد محتوى البروتينات الذاتية والبرولين. وعندما عوملت البادرات بالبرولين نقص طول الجذر والوزن الغض ولم يحدث تغيير في أطوال السوق وازداد محتوى الكلوروفيل، البروتينات الذاتية والبرولين. وعند إضافة البرولين إلى البادرات المعاملة بكلوريد الصوديوم ازداد نمو البادرات ومحتوى الكلوروفيل والبروتينات الذاتية والبرولين بالمقارنة بالنباتات المعاملة فقط بكلوريد الصوديوم وصاحب ذلك زيادة في إنزيم بولي فينول أكسيديز مما قد يرجح أن البرولين قد يلعب دورا كإنزيم في حماية النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي.

• أثر نظم الري بالماء المرتفع الملوحة:

تلعب نظم الري بالماء المرتفع الملوحة دورا هاما في إحداث أضرار للمجموع الخضري حيث أن بلل المجموع الخضري المباشر يؤدي إلى مزيد من الأضرار

(Rhoades et al, 1992)، فقد نقص محصول القطن بنسبة ٥٩% بالررى الرذاذى مقارنة بالررى بالتنقيط عند رية بماء ذو تركيز 4.4 dSm^{-1} . ولقد وجد (Maas 1986) أن بعض الأنواع العشبية غير الحساسة لكاتيون الصوديوم وأنيون الكلوريد بمنطقة الجذور مثل الشعير، القطن وباجر السكر من الممكن أن تصاب بأضرار بالررى الرذاذى بمياه تحتوى على كاتيونات الصوديوم وأنيونات الكلوريد بتركيزات تتراوح من ١٠-٢٠ مول m^{-3} . ويوضح جدول (٣-٧) إختلاف حساسية المجموع الخضرى لبعض المحاصيل بملامسة المياه المرتفعة فى تركيز الملوحة خلال الرى الرذاذى.

جدول (٣-٧) إختلاف حساسية المجموع الخضرى لبعض المحاصيل بملامسة المياه المرتفعة فى تركيز الملوحة خلال الرى الرذاذى.

Na+ or Cl- concentrations (mol m^{-1}) in sprinkling water causing foliar injury

<5	5-10	10-20	>20
Almond	Grape	Alfalfa	Cauliflower
Apricot	Pepper	Barley	Cotton
Citrus	Irish potato	Maize	Sugar beet
Plum	Tomato	Cucumber	Sunflower
		Safflower	
		Sesame	
		Sorghum	

Source: E. V. Maas, 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Res.* 1: 12-26.
© Springer Verlag

وينبغى التنويه هنا إلى أن المحاصيل التى تتوأم مع ملوحة الأرض تعطى محصولاً أقل بالنسبة لمحصولها المنزرع تحت ظروف غير ملحية، مما يوجد حاجة ملحة لإيجاد محاصيل لها أصناف تقاوم الملوحة وتعطى محصولاً مرتفعاً تحت هذه الظروف.

التحورات بالنباتات الملحية: (مرسى ونور الدين ١٩٧٧)

يحدث بالنباتات الملحية تحورات تركيبية وفسولوجية توأم بها النباتات سلوكها وظروف الملوحة المرتفعة فى وسط الجذر. وتتشابه هذه التحورات مع تحورات

النباتات الصحراوية وتتلخص أهم هذه التحورات في تغيرات في الصفات التركيبية مثل زيادة سمك النسيج المتوسط للورقة. وتغيرات في الصفات الفسيولوجية مثل ارتفاع الجهد الأسعوزي لعصير الخلايا، ارتفاع مقدار الماء المرتبط، ارتفاع تركيز الغرويات المحبة للماء بالبروتوبلازم، ارتفاع مقاومة التأثير السام للمحلول الملحي، القدرة على تجميع كميات كبيرة من الأملاح بعصير الأنسجة.

قائمة المراجع

- مزسى م. ع، نور الدين نعمت ع. (١٩٧٧). رى محاصيل الحقل، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر. ٣٢٢ ص.
- Abu-zaid, M. 1983 The River Nile Main Water Transfer Projects in Egypt and Impacts on Egyptian Agriculture. In: Biswas, A.K., Dakang, Z., Nickum, J.H. and Changming, L. eds. Long-Distance Water Transfer: A Chinese Case Study and International Experiences. Dublin: Tycooly International (Published for the United Nations University). 15-34
- Abu-Zeid, M. 1989. Environmental Impacts of the Aswan High Dam: A case study. Water Resources Development, 5(3): 147-157
- Abu-Zeid, M. and Abdel-Dayem, S. 1991. Variation and Trends in Agricultural Drainage Water Reused in Egypt. Water International, 16(4): 247-253
- Demir, Y. and Kocaculiskan, I. 2008. In Salt Stress. Fresenius Environmental Bulletin, 17(5): 536-542. Turkey (Parlar Scientific Publications (PSP), Angersu 12.85354, Preising, Germany.
- El-Gabaly, M.M. 1977. Water in Arid Agriculture: Salinity and Water Logging in the Near-East Region. Ambio, 6(1): 36-39
- (FAO) 1984. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agroclimatological Data: Africa (Plant Production and Protection Series No 22. Rome: FAO V.I. (Countries North of the Equator) about 350 pp
- (FAO) 1977. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Irrigation and Drainage. Paper No. 24 by Doorenbos, J. and Pruit, W.
- Frazier, W.B. 1985. Egypt: Physical and Social Geography. In: The Middle East and North Africa 1986. Thirty-second edition. London: Europe Publications Limited. 337-379
- Kishk, M.A. 1986. Land Degradation in the Nile Valley. Ambio, 15(4): 226-230
- Maas, J.V. 1986. Applied Agric. Res. 1: 12-26
- Maas, J.V. 1990. Amer. Soc. Civil Engineers, p. 262-305
- Noureldin Nemat A., El-Habbal M.S., Osman A.O. and Badran Madina M. 1994. Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ. Cairo, Egypt, 39 (1) pp 177-189.
- Noureldin Nemat A., Hassanien S.H., Salem M.O. and Maamoun Howaida A. 2000. Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ. Cairo, Egypt. Sp Issue, 3
- Rhoades, J.D., Kandiah, A. and Mashali, A.M. 1992. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 48, FAO U.N., Rome, p133
- Shannon, M.C. 1997 a. Adv. Agron., (60): 75-120
- Shannon, M.C. 1997b. In P.K. Jaiwal, R.P. Singh and A. Gulati (eds.) Strategies for Improving Salt Tolerance in Higher Plants, Oxford and IBH Publishing Co., Pvt. Ltd. New Delhi